

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

REC'D PCT/PTO 25 MAY 2005  
10/536454



REC'D 19 JAN 2004
WIPO PCT

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 55 288.6

**Anmeldetag:** 26. November 2002

**Anmelder/Inhaber:** Endress + Hauser GmbH + Co KG, Maulburg/DE

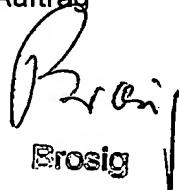
**Bezeichnung:** Verfahren zur Bestimmung des Zustands eines Feldmessgerätes für die Prozessautomatisierung und Prozessmesstechnik und Feldmessgerät zur Durchführung des Verfahrens

**IPC:** G 05 B 23/02

BEST AVAILABLE COPY

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. September 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

  
Brosig

**Verfahren zur Bestimmung des Zustands eines Feldmessgerätes  
für die Prozessautomatisierung und Prozessmesstechnik  
und Feldmessgerät zur Durchführung des Verfahrens**

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des Zustands eines Feldmessgerätes für die Prozessautomatisierung und Prozessmesstechnik zur Erfassung wenigstens einer Prozessvariablen eines Prozessmediums sowie ein Feldmessgerät zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

10 Feldmessgeräte für die Prozessautomatisierung und Prozessmesstechnik sind an sich bekannt. Sie dienen dazu, industrielle Fertigungs- und Bearbeitungsprozesse zu überwachen und zu kontrollieren und werden zur Erfassung von Prozessvariablen, wie z. B. Druck, Temperatur, Füllstand eines Prozessmediums in einem Behälter, oder Durchfluss eingesetzt.

15 Die Feldmessgeräte sind dabei häufig widrigen Umgebungs- und gegebenenfalls Prozesseinflüssen ausgesetzt, die zu einer Reduktion ihrer Lebensdauer oder Einschränkung der Funktionsfähigkeit führen können. Zwar ist es bekannt, die dabei von einem Feldmessgerät gelieferten Messwerte in

20 Bezug auf mögliche durch die widrigen Einflüsse verursachten Fehler zu bewerten und gegebenenfalls zu korrigieren. Ein derartiges Feldmessgerät ist beispielsweise in der Europäischen Patentschrift EP - 0 646 234 - B1 beschrieben. Die Lebensdauer oder Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts als Ganzes bzw. seiner Teile oder Module unter dem Einfluss einzelner oder

25 einer Kombination der beschriebenen widrigen Einflüsse wird jedoch bisher nicht systematisch untersucht.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bzw. ein Feldmessgerät anzugeben, bei dem durch Erfassung von wenigstens einer relevanten Einflussgröße eine Aussage über die Funktionsfähigkeit des

Feldmessgerätes oder seine zu erwartende verbleibende Lebensdauer getroffen werden kann.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Bestimmung des Zustands  
5 eines Feldmessgerätes für die Prozessautomatisierung und Prozessmesstechnik zur Erfassung wenigstens einer Prozessvariablen eines Prozessmediums, welches Verfahren durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet ist:

- 10 a) erfassen wenigstens einer Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts, die nicht die Prozessvariable ist;
- 15 b) vergleichen der gemessenen Einflussgröße mit einem vorab ermittelten maximal bzw. minimal zulässigen Wert für diese Einflussgröße;
- 20 c) generieren und ausgeben eines Alarmsignals bei Überschreiten des maximal zulässigen Wertes oder bei Unterschreiten des minimal zulässigen Wert der Einflussgröße.

20 Die oben beschriebene Aufgabe wird auch gelöst durch ein Feldmessgerät für die Prozessautomatisierung und Prozessmesstechnik und zur Erfassung wenigstens einer Prozessvariablen eines Prozessmediums, welches Feldmessgerät ein Messgerätegehäuse mit einer darin untergebrachten Elektronik umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass das Feldmessgerät weiterhin

- eine Vorrichtung zur Erfassung einer Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts oder eines Teiles oder Moduls davon, welche Einflussgröße nicht die Prozessvariable ist,

- eine Vorrichtung zum Vergleichen der gemessenen Einflussgröße mit einem vorab ermittelten maximal bzw. minimal zulässigen Wert für diese Einflussgröße und
- eine Vorrichtung zum Generieren und Ausgeben eines Alarmsignals bei Überschreiten des maximal zulässigen Wertes oder bei Unterschreiten des minimal zulässigen Wert der Einflussgröße umfasst.

5

Der besondere Vorteil dieses Verfahrens bzw. dieses Feldmessgeräts liegt darin, dass Diagnose-, Alarm- und andere Signale bereitgestellt werden, die 10 rechtzeitig vor einem Erreichen kritischer Werte der Einflussgrößen auf die Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes warnen.

Die oben beschriebene Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren zur Bestimmung des Zustands eines Feldmessgerätes für die industrielle 15 Prozessautomatisierung und Prozessmesstechnik zur Erfassung wenigstens einer Prozessvariablen eines Prozessmediums, welches Verfahren durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet ist:

- a) erfassen wenigstens einer Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts, die nicht die Prozessvariable ist;
- b) bestimmen der voraussichtlichen Lebensdauer des Feldmessgerätes bzw. der verbleibenden Zeitdauer bis zum Erreichen eines Zeitpunkts für 25 Wartungsarbeiten mittels einer vorbestimmten Funktion und anhand der aktuell erfassten Einflussgröße;
- c) erzeugen und ausgeben eines Benachrichtigungssignals, das der voraussichtlichen Lebensdauer des Feldmessgerätes bzw. der verbleibenden Zeitdauer bis zum Erreichen eines Zeitpunkts für Wartungsarbeiten entspricht.

20

30

Die oben beschriebene Aufgabe wird außerdem gelöst durch ein Feldmessgerät für die industrielle Prozessautomatisierung und Prozessmesstechnik und zur Erfassung wenigstens einer Prozessvariablen eines Prozessmediums, welches Feldmessgerät ein Messgerätegehäuse mit einer darin untergebrachten Elektronik umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass das Feldmessgerät weiterhin

- 5 - eine Vorrichtung zur Erfassung einer Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer des Feldmessgeräts oder eines Teiles oder Moduls davon, welche Einflussgröße nicht die Prozessvariable ist,
- 10 - eine Vorrichtung zum Bestimmen der voraussichtlichen Lebensdauer bzw. der verbleibenden Zeitdauer bis zum Erreichen eines Zeitpunkts für Wartungsarbeiten des Feldmessgerätes oder eines Teiles oder Moduls davon mittels einer vorbestimmten Funktion und anhand der aktuell erfassten Einflussgröße und
- 15 - eine Vorrichtung zum Erzeugen und Ausgeben eines Benachrichtigungssignals, das der voraussichtlichen Lebensdauer bzw. der verbleibenden Zeitdauer bis zum Erreichen eines Zeitpunkts für Wartungsarbeiten des Feldmessgerätes oder eines Teiles oder Moduls davon entspricht,
- 20 umfasst.

Der besondere Vorteil dieses Verfahrens bzw. dieses Feldmessgeräts nach der Erfindung liegt darin, dass im Gegensatz zu einer Fehlerdiagnose nach Auftreten des Fehlers am Feldmessgerät, etwa durch Selbsttest des Feldgeräts, durch die Erfassung relevanter Größen eine vorausschauende Wartung (predictive maintenance) möglich ist.

Einflussgrößen, die die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes bzw. einzelner seiner Teile oder Module bestimmen sind

30 beispielsweise Temperatur, Feuchtigkeit im Gerät, eingedrungene Gase, Vibration, und Krafteinwirkungen. Dementsprechend beschäftigen sich einige

bevorzugte und in den abhängigen Patentansprüchen beanspruchte Ausführungsformen der Erfindung mit der Erfassung und Berücksichtigung dieser Einflussgrößen.

- 5 Dariüber hinaus sehen andere bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung vor, dass mehrere der Einflussgrößen, die die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes beeinflussen, erfasst werden und dass deren kombinierter Einfluss berücksichtigt wird. Bei weiteren Ausführungen der Erfindung werden gespeicherte Werte von erfassten
- 10 Einflussgrößen für die Bestimmung der verbleibenden voraussichtlichen Lebensdauer berücksichtigt. So werden beispielsweise die gespeicherten Werte einer Trendanalyse unterzogen oder die Häufigkeit des Auftretens von Extrem- oder sonstigen kritischen Werten ausgewertet, so dass rechtzeitig vor dem Ausfall des Feldmessgerätes gewarnt werden kann.

15

Die der Erfindung zugrunde liegende Idee ist, neben der vom Feldmessgerät erfassten Prozessvariablen noch andere Größen zu erfassen, die einen Einfluss auf die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes haben. Dabei können diese Einflussgrößen durch am oder im Feldmessgerät

- 20 angeordnete Sensoren gewonnen werden. Sie können aber auch in der Umgebung durch getrennte Sensoren oder sogar durch andere Feldmessgeräte gewonnen werden, sofern sie dem Feldmessgerät, in dem das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung seines Zustands ausgeführt wird, zugeleitet werden, beispielsweise über einen gemeinsamen
- 25 Bus.

Als Einflussgrößen der oben genannten Art können zum Beispiel folgende Größen erfasst werden:

- 30 die Temperatur außen am oder im Innern des Gehäuses des Feldmessgerätes oder die Temperatur einer Sonde des Feldmessgerätes;
- die Feuchtigkeit im Innern des Gehäuses des Feldmessgerätes;

- eine Vibration des Feldmessgerätes;
- eine Krafteinwirkung auf das Feldmessgerät oder eines seiner Teile, insbesondere bei Feldmessgeräten mit einer mit dem Feldmessgerät verbundenen Sonde oder Wellenleiter;

5    • ein Druck, insbesondere im Innern des Gehäuses des Feldmessgerätes;

- eine Konzentration von unerwünschten Gasen im Gehäuse des Feldmessgerätes, insbesondere Gase aus dem Prozess oder aggressiver Gase.

10   Außerdem werden die Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts von den Einschaltvorgängen, von Spannungstransienten auf Leitungen, die mit dem Feldmessgerät verbunden sind, oder von der Anzahl von elektrostatischen Entladungen am Feldmessgerät, seinem Gehäuse, oder einer mit ihm verbundenen Sonde oder Bedieneinheit bestimmt. Auch diese

15   Einflussgrößen werden bei einer besonderen Ausführungsform der Erfindung bei der Ermittlung der zu erwartenden Lebens- bzw. Funktionsdauer des Feldmessgeräts berücksichtigt.

20   Wie wichtig die Bestimmung dieser Einflussgrößen ist, lässt sich an einfachen Beispielen zeigen. Es ist bekannt, dass bei einigen Feldmessgeräten die Genauigkeit ihres Wandlers oder Sensors zur Erfassung der Prozessvariablen oberhalb einer bestimmten Temperatur außerhalb des spezifizierten Bereichs liegt. Eine zusätzliche Temperaturmessung kann somit die Funktionsfähigkeit sicherstellen. Darüber hinaus nimmt auch die Festigkeit vieler Stoffe, die als

25   Gehäusematerialien, Dichtungen, Klebstoffen oder Lot bei Feldmessgeräten zum Einsatz kommen mit zunehmender Temperatur ab. Das bedeutet, dass bei hohen Temperaturen schon eine geringere Krafteinwirkung als bei tiefen Temperaturen zu einem Versagen von Bauteilen führen kann. Es ist deshalb sinnvoll und mit der Erfindung möglich, Temperatur und z.B. Vibration an einer

30   Elektronikplatine im Feldmessgerät zu erfassen, um eine mögliche

Rissbildung an Lötstellen vorauszusagen und so rechtzeitig vor dem Ausfall des gesamten Feldmessgerätes zu warnen.

Besonders kritisch ist es, wenn aggressive Gase aus einem Prozess in ein

5    Messgerätegehäuse eindringen und Kunststoffteile zersetzen bzw. Metallteile korrodieren. Aber auch das Entweichen in die Umgebung durch ein Feldmessgerät hindurch ist nicht erwünscht. Unter Umständen können eingedrungene Gase auch zu einer Explosion des Feldmessgeräts führen. Deshalb ist es sinnvoll, eingedrungenes Gas nachzuweisen, beispielsweise

10    durch einen Drucksensor. Dann kann vor Versagen des Geräts eine entsprechende Sicherungsmaßnahme eingeleitet werden.

Feuchtigkeit innerhalb von Feldmessgeräten kann aus mehrfacher Hinsicht ein Problem darstellen:

15    • sie kann zur Korrosion empfindlicher Bauteile, etwa Steckverbindern, führen;

      • sie kann zu Kriechströmen oder gar Kurzschläßen an elektrischen Leitern führen;

      • sie kann zu Funktionsstörungen durch die Kapazität von Feuchtefilmen

20    führen

      • sie kann zu einem Beschlagen von Sichtscheiben, etwa bei Anzeigegeräten, führen.

Meistens führen beschädigte Dichtungen und ein unzureichender Schutz vor

25    Regen, Spritzwasser etc. zum Eindringen von Feuchtigkeit. Ist mit Eindringen von Feuchtigkeit in das Feldmessgerät zu rechnen und lassen sich elektronische Bauteile im Feldgerät nicht durch andere geeignete Maßnahmen, etwa Verguss, vor Feuchtigkeit schützen, muss die Feuchtigkeit im Feldmessgerät überwacht werden, beispielsweise mittels eines

30    Betauungssensors, um rechtzeitig vor einem Ausfall des Feldmessgerätes zu warnen.

Auch Vibrationen beeinflussen die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit von Feldmessgeräten, da sie zu Bauteilbrüchen durch Materialermüdung führen. Vibrationen sollten daher überwacht werden, beispielsweise durch Beschleunigungssensoren.

5

Kräfte wirken insbesondere auf medium berührende Sonden von Feldmessgeräten, wenn die Sonden, die zum Beispiel zur Füllstandsmessung eines Mediums verwendet werden, mit diesem in Berührung stehen.

Strömende Flüssigkeiten üben auf starre Sonden Querkräfte aus, Schüttgüter

10 können auch Zugkräfte auf Sonden ausüben. Die Erfassung solcher Kräfte sollte dazu verwendet werden, um eine Überlastung der Sonde bzw. des Befestigungspunktes am Behälter durch rechtzeitiges Abschalten der Befüllung bei Schüttgütern oder eines Rührwerks bei Flüssigkeiten zu verhindern.

15

Die erfasste Zugkraft kann unter Umständen aber nicht nur für die Feldmessgerätediagnose von Belang sein, sondern auch aus anderen Gründen. Falls eine Silodecke weniger belastbar sein sollte als die Sonde des auf der Silodecke befestigten Feldmessgerätes, kann mit einer

20 Zugkraftmessung die Silodecke vor Einsturz geschützt werden.

Es hat sich auch gezeigt, dass zusätzlich erfasste Einflussgrößen selbst zur Bestimmung von Prozessvariablen dienen können. So kann z.B. eine an einer in ein Prozessmedium eintauchende Seilsonde eines entsprechend

25 ausgestatteten Feldmessgerätes gemessene Krafteinwirkung auch als Maß für den Füllstand des Prozessmediums herangezogen werden.

Nachfolgend wird die Erfindung am Beispiel verschiedener bevorzugter Ausführungsformen und unter Hinweis auf die beigefügten Zeichnungen

30 genauer beschrieben und erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung eines Feldmessgerätes zum  
Messen des Füllstands einer Flüssigkeit;

Fig. 2: eine schematische Darstellung eines Feldmessgerätes zum  
Messen des Füllstands eines Schüttgutes;

5 Fig. 3: eine schematische Darstellung eines Blockschaltbildes  
einer Auswerteschaltung in einem Feldmessgerät nach der  
Erfindung;

Fig. 4: eine schematische Darstellung eines Ablauf einer ersten  
bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen  
10 Verfahrens;

Fig. 5: eine schematische Darstellung eines Ablauf einer zweiten  
bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen  
Verfahrens;

15 Fig. 6: eine perspektivische Darstellung einer bevorzugten  
Ausführungsform eines Feldmessgerätes nach der  
Erfindung in Seitenansicht;

Fig. 7: eine Schnittdarstellung einer Einzelheit des  
Feldmessgerätes nach Fig. 6 in vergrößertem Maßstab;

20 Fig. 8: eine schematische Darstellung einer Betriebsschaltung für  
einen Wandler nach der Erfindung zur Erfassung einer  
Zugkraft;

Fig. 9: eine Schnittdarstellung einer Einzelheit der  
Ausführungsform eines Feldmessgerätes mit  
aufgebrachtem Wandler nach Fig. 8;

25 Fig. 10: eine schematische Darstellung eines Blockschaltbildes für  
einen Wandler nach der Erfindung zur Erfassung einer  
Querkraft;

Fig. 11: eine Schnittdarstellung einer Einzelheit der  
Ausführungsform eines Feldmessgerätes mit  
aufgebrachtem Wandler nach Fig. 10; und

30

Fig. 12: eine schematische Darstellung eines Betauungssensors  
nach der Erfindung.

Zur Vereinfachung sind in der Zeichnung gleiche Teile mit gleichen  
5 Bezugsziffern versehen.

Die Fig. 1 und 2 dienen zur Veranschaulichung des technischen Hintergrunds  
der Erfindung. Fig. 1 zeigt einen ersten Behälter 1, der mit einem flüssigen  
10 Prozessmedium 2 gefüllt ist. Auf einem Deckel 3 des ersten Behälters 1 ist ein  
erstes Feldmessgerät 4 angebracht, mit dem der Füllstand des  
Prozessmediums 2 bestimmt wird. Das erste Feldmessgerät 4 umfasst dazu  
eine in das Prozessmedium 2 eintauchende Sonde 5, die bei dem hier  
dargestellten Beispiel eine starre Sonde ist. Falls das erste Feldmessgerät 4  
15 ein kapazitives Füllstandsmessgerät ist, ist die Sonde 5 eine Elektrode. Und  
falls das erste Feldmessgerät 4 ein Füllstandsmessgerät ist, das mit geführten  
Mikrowellensignalen arbeitet, ist die Sonde 5 ein Wellenleiter.

Fig. 2 zeigt einen zweiten Behälter 6, der bei dem hier dargestellten Beispiel  
mit einem Schüttgut als Prozessmedium 7 gefüllt ist. Auf einem Deckel 8 des  
20 zweiten Behälters 6 ist ein zweites Feldmessgerät 9 angebracht, mit dem der  
Füllstand des Schüttgutes 7 bestimmt wird. Das zweite Feldmessgerät 9  
umfasst dazu eine in das Schüttgut 7 eintauchende Sonde 10, die bei dem  
hier dargestellten Beispiel eine Seilsonde ist. Üblicherweise handelt es sich  
bei diesem zweiten Feldmessgerät 9 um ein Füllstandsmessgerät, das mit  
25 geführten Mikrowellensignalen arbeitet, wobei die Seilsonde 10 ein  
Wellenleiter ist. Beide Feldmessgeräte 4, 9 sind, wie in den Fig. 1 und 2  
dargestellt, üblicherweise mit einer Messwarze verbunden oder an einen mit  
dieser verbundenen Busleitung angeschlossen. Entsprechende  
Verbindungskabel 11 veranschaulichen dies in den Fig. 1 und 2.

Zur Vereinfachung und Übersichtlichkeit sind bei beiden Behältern 1 und 6 der Fig. 1 und 2 kein Einlauf und kein Auslauf für die Prozessmedien 2 und 7 dargestellt. Für den zweiten Behälter 6 in Fig. 2 wird jedoch hier ein Auslauf im unteren Bereich des Behälters 6 angenommen, wie aus der Oberfläche des 5 Schüttguts 7 deutlich wird.

Wie bereits oben erwähnt, übt das jeweilige Prozessmedium 2, 7 Kräfte auf die Sonden 5, 10 aus, die die Lebensdauer bzw. die Funktionsfähigkeit beeinflussen. Auf die starre Sonde 5 im ersten Behälter 1 wirken bei 10 bewegtem Prozessmedium, beispielsweise durch ein im Behälter 1 eingebautes, aber hier nicht dargestelltes Rührwerk, Querkräfte, die in Fig. 1 durch einen Pfeil und die Bezeichnung  $F_T$  veranschaulicht werden. Auf die Seilsonde 10 im zweiten Behälter 6 wirken durch das Schüttgut 7 Zugkräfte, die in Fig. 2 durch einen Pfeil und die Bezeichnung  $F_L$  veranschaulicht werden.

15 Die Erfassung dieser Krafteinwirkungen auf die Feldmessgeräte 4 und 9 bzw. auf deren Sonden 5 und 10 und die Bestimmung der Auswirkungen auf die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit von Feldmessgeräten ist Gegenstand der Erfindung und wird nachfolgend erklärt.

20 Ein in Fig. 3 dargestelltes Blockschaltbild stellt ein Beispiel einer Auswerteschaltung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung des Zustands eines Feldmessgerätes dar, wie sie im Feldmessgerät selbst realisierbar ist. Das Grundprinzip dabei ist, neben einem Messwert 24 für eine Prozessvariable, die bei den in den Fig. 1 und 2 25 dargestellten Feldmessgeräten 4 und 9 der Füllstand ist, weitere Größen 25 und 26 durch entsprechende am bzw. im Feldmessgerät angebrachte Sensoren zu erfassen, die einen Einfluss auf die Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des betrachteten Feldmessgerätes haben. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind hier nur zwei Einflussgrößen 25 und 26 dargestellt.

30 Es können aber noch mehr sein (siehe dazu auch Fig. 4 und 5), die für die

Abschätzung der voraussichtlichen Lebensdauer und Funktionsfähigkeit des betrachteten Feldmessgerätes herangezogen werden.

Vorzugsweise werden die Einflussgrößen 25 und 26 in geeigneten

- 5 Betriebsschaltungen analog aufbereitet, um sie dann digital mit demselben A/D-Wandler 21 zu erfassen, der auch das Messsignal A für die Prozessvariable erfasst. Über einen Multiplexer 22 ist das gewünschte Eingangssignal auswählbar, das dann mithilfe eines Mikroprozessors 23 weiterverarbeitet wird. Insbesondere ist der auch dazu geeignet,
- 10 Linearisierungen und Skalierungen der Messsignale durchzuführen, Extremwerte und Mittelwerte abzuspeichern und bei Bedarf abrufbar zu halten. Er kann weiterhin dazu dienen, im Zusammenwirken mit einem geeigneten Speicher im Feldmessgerät die Uhrzeit abzuspeichern, bei der unzulässige Zustände vorlagen, die kombinierte Wirkung der verschiedenen
- 15 Einflussgrößen zu erfassen und eine verbleibende voraussichtliche Lebensdauer zu berechnen. Falls kritische Werte bei den erfassten Einflussgrößen 25, 26 auftreten kann der Mikroprozessor 23 ein Alarmsignal auslösen. Die nachfolgend anhand der Fig. 4 und 5 beschriebenen Verfahren nach der Erfindung können in einem Feldmessgerät nach Fig. 3 durchgeführt
- 20 werden.

Fig. 4 veranschaulicht eine bevorzugte Ausführungsform eines ersten erfindungsgemäßen Verfahrens 40 zur Bestimmung des Zustands eines Feldmessgerätes, das nach der Erfindung mit wenigstens einem, vorzugsweise jedoch mehreren entsprechenden Sensoren zur Erfassung von Einflussgrößen auf die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes ausgestattet ist.

Wenigstens eine der erfassten Einflussgrößen Temperatur, Feuchtigkeit, 30 Vibration, Krafteinwirkung, Druck, Konzentration unerwünschter Gase im Messgerätegehäuse des Feldmessgerätes wird durch einen geeigneten

Sensor 41, 42, 43, 44, 45, 46 oder Wandler erfasst und ist Eingangsgröße 47 des Verfahrens 40.

Die Erfassung der Temperatur mittels eines Temperatursensors 41 am oder

- 5 im Messgerätegehäuse oder an einer Sonde eines damit ausgestatteten Feldmessgerätes ist eine wichtige Einflussgröße auf die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes. Beispielsweise gibt es Wandler von Feldmessgeräten, bei denen oberhalb einer bestimmten Temperatur die Genauigkeit außerhalb des spezifizierten Bereichs liegt. Um zu wissen, ab
- 10 wann das Feldmessgerät nicht mehr zuverlässig arbeitet, kann es notwendig sein die Temperatur des Prozesses, der Umgebung und/oder am bzw. im Gerät zu überwachen. Außerdem hängt die Festigkeit vieler Stoffe, die beispielsweise als Materialen für das Messgerätegehäuse, den Wandler zur Erfassung der Prozessvariablen, für eine Sonde und/oder andere Module oder
- 15 Komponenten des Feldmessgerätes verwendet werden, von der Temperatur ab.

Eine Temperaturmessung kann nach hinlänglich bekannten Methoden durchgeführt werden, wobei sich insbesondere resistive Temperatursensoren

- 20 41, wie beispielsweise Platinwiderstände, Halbleiterwiderstände, etc. oder Thermoelemente anbieten. Betriebsschaltungen für solche Sensoren sind zum Beispiel in *U. Tietze, Ch. Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik, 9. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 1989*, auf den Seiten 889-907 beschrieben. Die Temperaturmessung, eventuell mit mehreren Sensoren 41, ist dort
- 25 durchzuführen, wo temperaturempfindliche Bauteile sind: also auf einer Elektronikplatine im Messgerätegehäuse oder dort, wo aufgrund der üblichen Einsatzbedingungen eine Temperaturüberhöhung am ehesten zu erwarten ist, beispielsweise an einem Prozessflansch eines Feldmessgeräts, das in ein heißes Prozessmedium eintaucht.

Auch die Feuchtigkeit ist eine wichtige Einflussgröße für die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes. So führen häufig beschädigte oder ältere Dichtungen und ein unzureichender Schutz vor Regen, Spritzwasser etc. zum Eindringen von Feuchtigkeit in das Messgerätegehäuse. Lassen sich

- 5 die elektronischen Bauteile der dort befindlichen Elektronikleiterplatten nicht durch andere geeignete Maßnahmen, etwa Verguss, vor Feuchtigkeit schützen, sollte die Feuchtigkeit 42 im Messgerätegehäuse überwacht werden, vorzugsweise mittels Feuchte- oder Betauungssensoren 42. Feuchtesensoren 42 besitzen den Vorteil, dass sie sich zur kontinuierlichen
- 10 Messung der relativen Feuchte eignen, auch wenn noch keine Betauung eintritt. Ein Betauungssensor spricht erst bei Betauung an, ist dafür aber wesentlich preiswerter.

Als Feuchte-Sensor 42 eignen sich insbesondere kapazitive Sensoren, die

15 kommerziell erhältlich sind (z. B. vom Typ MiniCap 2 der Firma Panametrics GmbH, D-65719 Hofheim). Betriebsschaltungen für solche Sensoren sind in *U. Tietze, Ch. Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik, 9. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 1989*, auf den Seiten 922-925 beschrieben.

- 20 Als Betauungssensoren eignen sich resistive oder kapazitive Sensoren. Insbesondere bietet es sich an, einen kapazitiven Betauungssensor dadurch zu realisieren, dass eine Interdigitalstruktur aus Leiterbahnen direkt auf einer ohnehin vorhandene Elektronikplatine vorgesehen wird. Da mithin Elektronikplatinen besonders empfindlich auf Betauung reagieren, kann
- 25 dadurch gleich am empfindlichsten Ort gemessen werden, wobei nur minimale Mehrkosten anfallen. Ein solcher Betauungssensor nach der Erfindung mit einer Interdigitalstruktur aus Leiterbahnen wird später anhand des in Fig. 12 dargestellten Beispiels noch genauer erläutert.

- 30 Vibration, eine weitere wichtige Einflussgröße auf die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes, führt häufig zu Bauteilbrüchen durch

Materialermüdung. Die Vibration kann durch Beschleunigungssensoren 43 überwacht werden. Früher verwendete Sensoren mit Dehnungsmessstreifen auf einer massebehafteten Membran werden heute weniger verwendet, dagegen eher mikromechanische Sensoren. Ein Beispiel eines solchen

5 Beschleunigungssensors 43 ist der Typ ADXL 202 der Firma Analog Devices. Da Vibration oft erst nach langer Einwirkung zum Versagen führt, ist es am besten, die Einflüsse und Wirkungen der Vibration fortdauernd zu überwachen und, über einen Mikroprozessor, die kumulierte Wirkung von Vibration und Temperatur zu erfassen.

10

Kräfte wirken auch auf mediumsberührende Sonden bei dementsprechend ausgestatteten Feldmessgeräten, insbesondere zum Beispiel bei solchen, die zur Füllstandsmessung verwendet werden. Strömende Flüssigkeiten üben auf starre Sonden Querkräfte aus (siehe Fig. 1). Schüttgüter (siehe Fig. 2)

15 können Zugkräfte auf Sonden ausüben. Die Krafteinwirkung ist eine wichtige Einflussgröße auf die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes. Eine Überlastung der Sonde bzw. eines Befestigungspunktes des Feldmessgerätes am Behälter kann beispielsweise durch rechtzeitiges Abschalten der Befüllung bei Schüttgütern oder eines  
20 Rührwerks bei Flüssigkeiten verhindert werden.

Zweckmäßigerweise wird die Krafteinwirkung auf eine Sonde mittels Dehnungsmessstreifen 44 bestimmt, die nach der Erfindung vorzugsweise auf zwei Seiten eines Adapters für eine Seilsonde aufgeklebt werden. Eine solche  
25 Ausführungsform der Erfindung wird später im Zusammenhang mit den Fig. 6 bis 11 erläutert und beschrieben.

Für eine Zugkraftmessung werden die Dehnungsmessstreifen 44, die in Form von zwei Halbbrücken ausgeführt sind, vorzugsweise so beschaltet, dass  
30 sowohl eine thermische Ausdehnung als auch eine Biegung allein nicht zu einem Ausgangssignal führen. Soll dagegen die Querkraft gemessen werden,

werden sinnvollerweise vier Halbbrücken eingesetzt, die paarweise so beschaltet werden, dass jeweils mit einem Paar die Querkraft in zwei zueinander senkrechten Richtungen gemessen werden kann.

Selbstverständlich lassen sich die Dehnungsmessstreifen 44 auch innerhalb

5 des Messgerätegehäuses anordnen.

Statt Dehnungsmessstreifen sind auch einfachere Methoden der Kraftmessung denkbar. Beispielsweise kann ein federndes Element so angeordnet werden, dass sich bei einer bestimmten Kraft eine bestimmte

10 Auslenkung ergibt, die mit einem induktiven oder kapazitiven Näherungsschalter bestimmt werden kann oder einen mechanischen Schaltkontakt betätigt, beispielsweise über einen Magneten ein Reedrelais.

Noch eine andere wichtige Einflussgröße auf die Lebensdauer und die

15 Funktionsfähigkeit ist der Gehalt an unerwünschtem Gas im Messgerätegehäuse.

Besonders kritisch ist es, wenn aggressive Gase aus einem Prozess in das Messgerätegehäuse eindringen und dort Kunststoffteile zersetzen bzw.

Metallteile korrodieren. Aber auch das Entweichen in die Umgebung durch ein

20 Messgerät hindurch ist in der Regel unerwünscht. Unter Umständen können eingedrungene Gase auch zu einer Explosion des Geräts führen. Zum Nachweis von eingedrungenen Gasen eignen verschiedene Sensoren bzw. Verfahren.

25 Eine der Möglichkeiten festzustellen, ob in das Messgerätegehäuse unerwünschte Gase eingedrungen sind, ist, den Druck im Messgerätegehäuse mittels eines Drucksensors 45 zu erfassen, falls das betreffende Gas aus einem Behälter mit Überdruck eindringen kann und dann im Messgrätegehäuse zu einem Druckanstieg führt. Zur Druckmessung eignen sich die bekannten Methoden, insbesondere der Nachweis der Deformation einer Membran über Dehnungsmessstreifen. Betriebsschaltungen für solche

Sensoren 45 sind beispielsweise in *U. Tietze, Ch. Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik, 9. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 1989, Seite 908-920* beschrieben.

- 5    Neben einer Messung des Drucks mit einem Drucksensor 45 kann als Sensor 46 zur Erfassung einer Konzentration unerwünschter Gase im Messgerätegehäuse beispielsweise auch ein Keramikwiderstand verwendet werden, dessen Widerstandswert sich bei Adsorption des nachzuweisenden Gases ändert. Eine andere Art von Sensor 46 zur Bestimmung der
- 10   Gaskonzentration ist ein MOSFET, dessen Schwellenspannung sich bei Adsorption des nachzuweisenden Gases unter dem Gate ändert. Noch eine andere Variante eines Gassensors stellt ein Sensor 46 dar, bei dem eine Absorption elektromagnetischer Wellen, insbesondere im Infraroten, für den spezifischen Nachweis einzelner Gase verwendet wird. Als Lichtquellen
- 15   eignen sich Laserdioden, z. B. Bleisalzdioden, die mittlerweile für verschiedene Wellenlängen erhältlich sind, oder thermische Strahler, die bei Bedarf mit Kalziumfluoridfenster Licht bis 9  $\mu\text{m}$  Wellenlänge abstrahlen. In diesem Bereich liegt die Anregung von Schwingungen vieler Moleküle (siehe dazu z. B. *H. Haken, H. C. Wolf: Molekülphysik und Quantenchemie, Springer-Verlag, Berlin, 1991, Seite 153-178*).
- 20   Die Konzentration unerwünschter Gase im Innern des Messgerätegehäuses kann auch mittels eines Sensors 46 bestimmt werden, bei dem eine Schallgeschwindigkeit bestimmt wird, beispielsweise im Ultraschallbereich, im Messgerätegehäuse überwacht wird und mit einer vorher bestimmten
- 25   Eigenfrequenz eines Hohlraums im Messgerätegehäuse verglichen wird. Die Schallgeschwindigkeit variiert für verschiedene Gase im Bereich einiger Hundert Meter pro Sekunde bis über 1000 Meter pro Sekunde (siehe z. B. *Bergmann-Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Band I, 9. Auflage, Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin, 1974, Seite 492-493*), sie kann daher
- 30   auch zur Bestimmung von eingedrungenen unerwünschten Gasen herangezogen werden.

Wie oben bereits erwähnt und in Fig. 4 veranschaulicht wird wenigstens eine der erfassten Einflussgrößen Temperatur, Feuchtigkeit, Vibration, Krafteinwirkung, Druck, Konzentration unerwünschter Gase im Messgerätegehäuse des Feldmessgerätes durch einen geeigneten Sensor 41, 5 42, 43, 44, 45, 46 oder Wandler erfasst und ist Eingangsgröße 47 des Verfahrens 40. Diese Einflussgröße 47 wird einem Vergleich 48 mit einem minimal zulässigen Wert 49 für die betrachtete Einflussgröße unterzogen. Der minimal zulässigen Wert 49 ist vorzugsweise in einem Speicher 50 im Feldmessgerät gespeichert und wird für den Vergleich 48 mit der aktuell 10 erfassten Einflussgröße 47 ausgelesen. Ist die aktuell erfasste Einflussgröße 47 kleiner als der minimal zulässigen Wert 49 wird ein Alarmsignal 51 erzeugt, das beispielsweise direkt als akustisches oder optisches Signal ausgegeben wird. Die einfachsten Realisierungen von geeigneten Signalen sind beispielsweise eine im Feldmessgerät integrierte oder außen daran 15 angebrachte Sirene und eine Blinkleuchte. Das Alarmsignal 51 kann aber auch auf dem Display, der Anzeige 52 des Feldmessgeräts angezeigt werden. Falls gewünscht, ist es auch auf einfache Weise möglich, ein entsprechendes Alarmsignal auf einen Bus 53 zu geben. Das Alarmsignal 51 kann so z.B. zu einer Messwarte übertragen werden.

20 Ist die aktuell erfasste Einflussgröße 47 größer als der minimal zulässigen Wert 49 wird sie einem Vergleich mit einem maximal zulässigen Wert 55 für die betrachtete Einflussgröße unterzogen. Der maximal zulässigen Wert 55 ist vorzugsweise im Speicher 50 im Feldmessgerät gespeichert und wird für den 25 Vergleich 54 mit der aktuell erfassten Einflussgröße 47 ausgelesen. Ergibt sich aus dem Vergleich 54, dass die aktuell erfasste Einflussgröße 47 größer als der maximal zulässigen Wert 55 ist, wird ebenfalls das Alarmsignal 51 erzeugt, das ein dem oben beschriebenen Alarmsignal entsprechendes Signal oder an anderes sein kann. Auch dieses Alarmsignal kann entweder direkt als 30 akustisches oder optisches Signal ausgegeben werden und über die oben beschriebene Sirene und/oder Blinkleuchte ausgegeben werden. Das

Alarmsignal 51 kann aber auch auf dem Display, der Anzeige 52 des Feldmessgeräts angezeigt und/oder, falls gewünscht, auf den Bus 53 gegeben werden. Ist die aktuell erfasste Einflussgröße 47 kleiner als der maximal zulässige Wert 55, dann wird er auf der Anzeige 52 des Feldmessgerätes

5 ausgegeben. Falls eine spätere Auswertung von erfassten Einflussgrößen 47 und/oder von erzeugten Alarmsignalen 51 gewünscht wird, empfiehlt es sich, die jeweils generierten Alarmsignale 51 und die Einflussgrößen 47 mit den dazugehörenden Daten und Zeitpunkten im Speicher 50 zu speichern.

10 Fig. 5 veranschaulicht eine bevorzugte Ausführungsform eines zweiten erfindungsgemäßen Verfahrens 60 zur Bestimmung des Zustands eines Feldmessgerätes, das nach der Erfindung mit wenigstens einem, vorzugsweise jedoch mehreren entsprechenden Sensoren zur Erfassung von Einflussgrößen auf die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit des

15 Feldmessgerätes ausgestattet ist.

Wie bei dem bereits in Fig.4 dargestellten und oben beschriebenen ersten Verfahren 40 nach der Erfindung (siehe Fig. 4) ist auch beim zweiten Verfahren 60 wenigstens eine der von einem geeigneten Sensor 41, 42, 43, 20 44, 45, 46 oder Wandler erfassten Einflussgrößen Temperatur, Feuchtigkeit, Vibration, Krafteinwirkung, Druck, Konzentration unerwünschter Gase im Messgerätegehäuse des Feldmessgerätes Eingangsgröße 61 des zweiten Verfahrens 60. Die Bedeutung der einzelnen Einflussgrößen, ihre Erfassung und geeignete Sensoren wurden oben ausführlich erläutert und beschrieben.

25 Vorzugsweise wird die aktuelle Einflussgröße 61 gespeichert, um sie für weitere Auswertungen bereitstellen zu können. Die Speicherung 62 ist aber nicht zwingend erforderlich. Sie kann auch später im Verfahren 60 vorgenommen werden. Die Einflussgröße 61 oder die Einflussgrößen, falls 30 mehrere herangezogen werden, werden vorzugsweise entweder als solche oder zusammen mit dem bzw. den Zeitpunkten und Daten, an denen sie

erfasst wurden, im Speicher 50 des Feldmessgerätes gespeichert (siehe dazu auch Fig. 4).

Anschließend wird eine Bestimmung 63 der verbleibenden voraussichtlichen

5 Lebensdauer und Funktionsfähigkeit des betrachteten Feldmessgerätes  
vorgenommen. Basis der Bestimmung 63 ist ein vorbestimmter  
mathematischer funktionaler Zusammenhang zwischen den erfassten  
Einflussgrößen und der Lebensdauer des Feldmessgerätes. Die Lebensdauer  
ist dabei nicht nur eine Funktion verschiedener Einflussgrößen sondern auch  
10 eine Funktion der Zeit, vorzugsweise berücksichtigt sie auch den kombinierten  
Einfluss mehrerer Einflussgrößen. Diese Lebensdauer-Funktion 64, die  
vorzugsweise im Speicher 50 des Feldmessgerätes gespeichert ist, wird durch  
Versuch oder Simulation durch Variation der verschiedenen Einflussgrößen  
ermittelt, woraus sich die zu erwartende verbleibende Lebensdauer berechnen  
15 lässt. Als Beispiel sei hier ein Vibrationsgrenzschalter genannt, der mit einer  
piezoelektrisch erregten Stimmgabel arbeitet, die nach einer gewissen Anzahl  
von Vibrationen durch Materialermüdung bricht. Diese Anzahl  $n$  sei  
beispielhaft durch eine lineare Funktion der Temperatur  $T$  gegeben:

$$n(T) = a - bT,$$

20 wobei  $a$  und  $b$  positive Zahlen sind. Um im Betrieb bei wechselnden  
Temperaturen eine Prognose über die Lebensdauer zu erhalten, muss  
deshalb die Temperatur erfasst werden. Die verbleibende Lebensdauer kann  
dann im obigen Beispiel etwa nach  $(a - bT_m)/f$  berechnet werden, wobei  $T_m$  die  
mittlere Temperatur während des bisherigen Einsatzes ist und  $f$  die  
25 Schwingungsfrequenz der Stimmgabel.  
Ein anderes Beispiel der Abhängigkeit der Lebensdauer und  
Funktionsfähigkeit wurde bereits oben beschrieben. Die Festigkeit vieler Stoffe  
nimmt mit zunehmender Temperatur ab. Es ist daher sinnvoll, den  
funktionalen Zusammenhang zwischen Temperatur und Vibration und der  
30 Lebensdauer für die im betrachteten Feldmessgerät verwendete  
Elektronikplatine unter kontrollierten Bedingungen zu erfassen. Mit dieser

vorbestimmten Lebensdauerfunktion kann dann entsprechend dem in Fig. 5 dargestellten zweiten Verfahren nach der Erfindung in Verbindung mit dem Erfassen der Temperatur und von Vibration eine mögliche Rissbildung an Lötstellen der betrachteten Elektronikplatine vorausgesagt werden. Weitere

5 Beispiele über die Einflüsse auf die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit des betrachteten Feldmessgerätes oder Teilen oder Modulen davon wurde oben bereits angegeben.

Sinnvollerweise werden zur Bestimmung der voraussichtlichen Lebensdauer

10 und Funktionsfähigkeit nicht nur durch zusätzliche Sensoren 41-46 erfasste Einflussgrößen berücksichtigt sondern auch solche Einflussgrößen, die auch statistischer Natur oder gar berechnet sind. Solche Einflussgrößen, die wie die 'gemessenen' Einflussgrößen sehr bestim mend für die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit des betrachteten Feldmessgerätes sein können, sind in Fig. 15 5 beispielhaft dargestellt. Sie sind sinnvollerweise im Speicher 50 gespeichert. Es handelt sich dabei um die bis zum betrachteten Zeitpunkt erfolgte Anzahl 65 von Einschaltvorgängen, die Anzahl 66 von Spannungstransienten auf den Leitungen 11 des Feldmessgeräts (siehe dazu Fig. 1 und 2), der Anzahl 67 von elektrostatischen Entladungen, um registrierte Extremwerte 68 von 20 'gemessenen' Einflussgrößen und um die Anzahl 69 der bis zum Betrachtungszeitpunkt vergangenen Betriebsstunden.

Nach der Bestimmung 63 der voraussichtlichen Lebensdauer des Feldmessgeräts wird die ermittelte Lebensdauer einem Vergleich 70 mit einem

25 aus dem Speicher 50 ausgelesenen, vorbestimmten kritischen Lebensdauerwert 71 unterzogen. Ein solch kritischer Lebensdauerwert 71 kann beispielsweise ein vorbestimmter Zeitraum sein, der benötigt wird, um ein Ersatzgerät beschaffen zu können. Praktisch heißt das, dass wenn von einer Bestellung bis zur Lieferung, Installation und Einrichtung eines 30 Ersatzgerätes üblicherweise z.B. zwei Wochen benötigt werden, es sinnvoll ist, einen kritischen Lebensdauerwert von wenigstens diesen zwei Wochen

festzusetzen, damit bei einem tatsächlichen Ausfall des überwachten Feldmessgerätes rechtzeitig Ersatz zur Verfügung steht.

Es ist klar, dass der kritische Lebensdauerwert 71 sich nicht nur auf das gesamte Feldmessgerät beziehen muss. Er kann auch für einzelne,

- 5 besondere Komponenten, Module oder Teile des Feldmessgeräts festgelegt werden, insbesondere dann, wenn diese Komponenten, Module oder Teile für die Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts bestimmend sind. Besonders Dichtungen zum Prozess und natürlich die Elektronik im Messgerätegehäuse sind kritische Teile des Feldmessgerätes.

10

Stellt sich beim Vergleiche 70 heraus, dass die bestimmte Lebensdauer 63 kleiner oder gleich dem kritischen Wert 71 ist, wird wiederum das aus dem ersten Verfahren 40 bekannte akustische oder optische Alarmsignal 51 erzeugt und am Feldmessgerät ausgegeben (siehe dazu Fig. 4). Gleichfalls

- 15 kann bei Bedarf auch das Alarmsignal 51 auf der Anzeige 52 des entsprechend ausgestatteten Feldmessgerätes oder auf den damit verbundenen Bus 53 ausgegeben werden.

Ist die bestimmte voraussichtliche Lebensdauer 63 größer als der kritische

- 20 Lebensdauerwert 71, so wird ein Benachrichtigungssignal 72 erzeugt, das Auskunft über die voraussichtliche verbleibende Lebensdauer des Feldmessgerätes bzw. einzelner seiner Teile, Komponenten oder Module gibt. Ein solches Benachrichtigungssignal 72 kann beispielsweise die Angabe einer prozentual verbleibenden Lebensdauer oder die verbleibende Lebensdauer in
- 25 Monaten, Wochen und Tagen sein. Aber auch Angaben zur Dauer bis zum nächsten voraussichtlichen Austausch eines Bauteils sind denkbar. Das Benachrichtigungssignal 72 wird auf der Anzeige 52 des Feldmessgerätes angezeigt und vorzugsweise auf den mit dem Feldmessgerät verbundenen Bus 53 gegeben, so dass es in einer mit dem Bus 53 verbundenen Messwarte
- 30 aufgenommen und entsprechend bearbeitet werden kann.

Alle Signale, ob Alarmsignal 51 oder Benachrichtigungssignal 72, die auf den Bus 52 gegeben werden, können von einem anderen an den Bus angeschlossenen Gerät aufgenommen und ausgegeben werden, sofern dieses Gerät dafür eingerichtet ist. Sinnvoll ist dies beispielsweise bei einem

5 sogenannten Handheld-Gerät 73, wie es in der Prozessmesstechnik üblich ist und wie es in Fig. 5 schematisch dargestellt ist.

Die Fig. 6 und 7 veranschaulichen eine bevorzugte Ausführungsform eines Feldmessgeräts 80 nach der Erfindung. Bei dem hier dargestellten

10 Feldmessgerät 80 wird als Einflussgröße auf die Funktionsfähigkeit bzw. Lebensdauer des Feldmessgerätes die Krafteinwirkung erfasst, die auf seine Sonde 85, im Betrieb ausgeübt wird. Um die Seilsonde 85 ist bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ein Adapter 84 angeordnet, der die Messung der Zugkraft auf die Seilsonde erlaubt. Zweckmäßigerweise wird die  
15 Krafteinwirkung auf die Seilsonde 85, wie in Fig. 7 dargestellt, mit Dehnungsmessstreifen ("DMS") 87a, 87b bestimmt. Eine auf die Seilsonde 85 einwirkende Kraft wirkt auch auf ihre Einspannung 84b und da diese im Adapter 84 gegen eine dortige Schulter fest verschraubt ist auch am Adapter 84, wo sie erfasst werden kann.

20

Fig. 7 zeigt einen vergrößert dargestellten Längsschnitt durch den Adapter 84. Bei dem hier dargestellten Beispiel handelt sich es um ein rohrförmiges Metallteil mit auf zwei Seiten aufgeklebten Dehnungsmessstreifen 87a und 87b. Um die gewünschte Auflösung zu erhalten, ist vorzugsweise die

25 Wandstärke des Adapters 84 in einem Bereich 86, wo die DMS 87a und 87b montiert werden, verringert. Zum Schutz der montierten DMS 87a und 87b vor Feuchtigkeit wird über den Adapter 84 eine Hülse 90 geschoben, die federnd über O-Ringe abgedichtet ist, wie in Fig. 7 veranschaulicht. Der Adapter 84 kann in ein Prozessgewinde eingeschraubt werden. Zur elektrischen  
30 Kontaktierung der DMS 87a und 87b dienen Verbindungskabel 88, die

beispielsweise durch eine Kabeldurchführung 89 am Adapter 84 herausgeführt werden.

Ein Ausführungsbeispiel für eine elektrische Beschaltung 100 der DMS 87a und 87b und deren Layout ist in Fig. 8 zur Erfassung einer auf die Seilsonde 84 (siehe dazu Fig. 6 und 2) wirkenden Zugkraft dargestellt. Die Wirkrichtung der Zugkraft ist in Fig. 2 durch einen Pfeil  $F_L$  veranschaulicht. Für die Zugkraftmessung werden die Dehnungsmessstreifen 87a und 87b, die als Halbbrücken ausgeführt sind, so beschaltet, dass sowohl ihre thermische Ausdehnung als auch eine Biegung zu keinem Ausgangssignal führen. Als Verstärker 101 eignen sich insbesondere sogenannte ‚instrumentation amplifier‘, beispielsweise die Typen INA 102 oder XTR 106 von Burr-Brown. Die symmetrische Anordnung der DMS 87a und 87b im Bereich 86 des Adapters 84 (siehe dazu auch Fig. 6 und 7) ist in Fig. 9 dargestellt, als Querschnitt durch den Adapter 84. Der Übersichtlichkeit halber ist die Seilsonde 85 hier nicht gezeigt.

Soll dagegen eine auf die Sonde 5 wirkende Querkraft  $F_T$  (siehe dazu auch Fig. 1) erfasst werden, so werden sinnvollerweise dazu vier Halbbrücken-DMS eingesetzt, die paarweise so beschaltet werden, dass jeweils mit einem Paar die Querkraft in zwei zueinander senkrechten Richtungen gemessen werden kann. Ein Beispiel einer Schaltung 105 für ein solches Paar von DMS 87a und 87b ist in Fig. 10 dargestellt. Die mechanische Anordnung zusammen mit einem anderen, ebenfalls nach der Fig. 10 beschalteten DMS-Paar 87a' und 87b' im Bereich 86 des Adapters 84 (siehe dazu auch Fig. 6 und 7) ist in Fig. 11 dargestellt, als Querschnitt durch den Adapter 84.

Interessanterweise kann die als Einflussgröße auf die Lebensdauer des Feldmessgerätes erfasste Zugkraft an der Seilsonde auch zusätzlich zur Bestimmung eines Füllstands des Mediums im Behälter herangezogen werden. Damit kann bei Schüttgütern aus der Zugkraft die direkte Messung

des Füllstand mit einem kapazitiven oder TDR-Sensor überprüft werden. Die Zugkraft steigt mit zunehmendem Füllstand, der Dichte des Füllguts, dem Reibungskoeffizienten zwischen Sonde und Füllgut, dem Sondendurchmesser, dem Silo- bzw. Behälterdurchmesser und dem

5 Horizontallastverhältnis des Füllguts und sinkt mit dem Reibungskoeffizienten zwischen Füllgut und Behälterwand. Sie lässt sich daher für jeden Füllstand nach der Scheibenelementmethode nach Janssen berechnen (siehe P. Martens (Hrsg.): Silo-Handbuch, Ernst & Sohn Verlag, Berlin) und beispielsweise als Eichkurve im Gerät ablegen.

10

Bei Flüssigkeiten in offenen Gerinnen kann aus der Krafteinwirkung auf die Sonde auch die Strömungsgeschwindigkeit bestimmt werden und daraus zusammen mit dem Füllstandswert ein Durchfluss errechnet werden. Damit erübrigt es sich, bei der Füllstandsmessung in offenen Gerinnen eine Düse

15 zum Rückstauen der Flüssigkeit einzubauen. Man braucht nur ein Füllstandsmessgerät zur Durchflussmessung anstatt zwei. Bei nicht zu hoher Viskosität und nicht zu geringer Fließgeschwindigkeit  $v$  stellt sich eine turbulente Strömung um eine Stabsonde mit Durchmesser  $d$  ein, wobei das Drehmoment durch die Querkraft auf die Sonde durch

$$M = 0,45 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot d \cdot L \cdot (L_N - 0,5 \cdot L)$$

20

gegeben ist, mit der Dichte  $\rho$ , dem Füllstand  $L$  und der Sondenlänge  $L_N$ . Aus dieser Formel lässt sich dann einfach die Fließgeschwindigkeit berechnen. Alternativ kann die Vibrationsfrequenz des Sondenstabs quer zur Strömungsrichtung gemessen werden. Da sich hinter dem Stab abwechselnd links und rechts Wirbel ablösen, wird der Stab zu Schwingungen angeregt, deren Frequenz proportional zur Fließgeschwindigkeit ist.

Selbstverständlich lassen sich die Dehnungsmessstreifen auch innerhalb des Feldmessgeräts anordnen. Statt Dehnungsmessstreifen sind auch einfachere Methoden der Kraftmessung denkbar.

- 5 Wie bereits oben beschrieben, führen beschädigte Dichtungen und ein unzureichender Schutz vor Regen, Spritzwasser etc. zum Eindringen von Feuchtigkeit in das Messgerätegehäuse des Feldmessgerätes, was zur einer Beeinträchtigung der voraussichtlichen Lebensdauer und der Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes führen kann. In kritischen Situationen
- 10 sollte daher die Feuchtigkeit im Innern des Messgerätegehäuses überwacht und als Einflussgröße erfasst werden. Dazu bieten sich Feuchte- oder Betauungssensoren an: Ein Betauungssensor spricht zwar erst bei Betauung an, ist dafür aber wesentlich preiswerter und kann ein einfacher resistiver oder kapazitiver Sensor sein. In Fig. 12 ist ein Betauungssensor 110 für ein
- 15 erfindungsgemäßes Feldmessgerät dargestellt, der relativ einfach und kostengünstig zu realisieren ist, da er als kapazitiver Betauungssensor mit einer Interdigitalstruktur 111 aus Leiterbahnen 112 direkt auf eine ohnehin vorhandene und im Messgerätegehäuse unterzubringende Elektronikplatine 113 geätzt wird. Dadurch fallen minimale Kosten an, gleichzeitig reagieren
- 20 mithin Elektronikplatinen besonders empfindlich auf Betauung, so dass dann gleich am empfindlichsten Ort gemessen werden kann.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Bestimmung des Zustands eines Feldmessgerätes für die Prozessautomatisierung und Prozessmesstechnik zur Erfassung wenigstens einer Prozessvariablen eines Prozessmediums, welches Verfahren durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet ist:
  - a) erfassen wenigstens einer Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts, die nicht die Prozessvariable ist;
  - b) vergleichen der gemessenen Einflussgröße oder einer daraus abgeleiteten Größe mit einem vorab ermittelten maximal bzw. minimal zulässigen Wert für diese Einflussgröße oder der abgeleiteten Größe;
  - c) generieren und ausgeben eines Alarmsignals bei Überschreiten des maximal zulässigen Wertes oder bei Unterschreiten des minimal zulässigen Wertes der Einflussgröße oder der abgeleiteten Größe.
2. Verfahren zur Bestimmung des Zustands eines Feldmessgerätes für die Prozessautomatisierung und Prozessmesstechnik zur Erfassung wenigstens einer Prozessvariablen eines Prozessmediums, welches Verfahren durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet ist:
  - a) erfassen wenigstens einer Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer des Feldmessgeräts, die nicht die Prozessvariable ist;
  - b) bestimmen der voraussichtlichen Lebensdauer des Feldmessgerätes oder der verbleibenden Zeitdauer bis zum Erreichen eines Zeitpunkts für

Wartungsarbeiten mittels einer vorbestimmten Funktion und anhand der aktuell erfassten Einflussgröße;

- c) erzeugen und ausgeben eines Benachrichtigungssignals, das der 5 voraussichtlichen Lebensdauer des Feldmessgerätes oder der verbleibenden Zeitdauer bis zum Erreichen eines Zeitpunkts für Wartungsarbeiten entspricht.
- 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das 10 Alarmsignal durch eine entsprechende Alarm- bzw. Anzeigevorrichtung am bzw. im Feldmessgerät ausgegeben wird.
- 4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das 15 Alarmsignal durch eine entsprechende Vorrichtung vom Feldmessgerät auf einen Bus ausgegeben wird.
- 5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das 20 Alarmsignal durch eine an das Feldmessgerät anschließbare Vorrichtung abrufbar ist.
- 6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Benachrichtigungssignal durch eine entsprechende Anzeigevorrichtung am bzw. im Feldmessgerät ausgegeben wird.
- 25 7. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Benachrichtigungssignal durch eine entsprechende Vorrichtung vom Feldmessgerät auf einen Bus ausgegeben wird.
- 8. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Benachrichtigungssignal durch eine an das Feldmessgerät anschließbare 30 Vorrichtung abrufbar ist.

9. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die erfasste Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts eine physikalische Größe ist.

5

10. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die erfasste Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts eine berechnete Größe ist.

10

11. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die erfasste Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts eine statistische Größe ist.

15

12. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erfasste Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts eine Temperatur ist.

20

13. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erfasste Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts eine Feuchtigkeit ist.

25

14. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erfasste Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts eine Vibration ist.

30

15. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erfasste Einflussgröße auf die zu erwartende

Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts eine Krafteinwirkung ist.

16. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erfasste Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts ein Druck im Innern eines Messgerätegehäuses des Feldmessgerätes ist.
17. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erfasste Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts eine Konzentration von unerwünschten Gasen im Messgerätegehäuse ist.
18. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erfasste Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts die Anzahl von Einschaltvorgängen des Feldmessgerätes ist.
19. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erfasste Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts die Anzahl von Spannungstransienten auf Leitungen ist, die mit dem Feldmessgerät verbunden sind.
20. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erfasste Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit die Anzahl von elektrostatischen Entladungen am Feldmessgerät, seinem Gehäuse, oder einer mit ihm verbundenen Sonde oder Bedieneinheit ist.

21. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass verschiedene Einflussgrößen auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts erfasst werden.
- 5 22. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Einflussgröße oder Einflussgrößen auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts gespeichert werden.
- 10 23. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der voraussichtlichen Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes mehrere aktuell erfasste Einflussgrößen herangezogen werden.
- 15 24. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der voraussichtlichen Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes wenigstens eine aktuell erfasste und wenigstens eine gespeicherte Einflussgröße herangezogen werden.
- 20 25. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der voraussichtlichen Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes die Häufigkeit von Alarmsignalen in einem bestimmten Zeitraum berücksichtigt wird.
- 25 26. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der voraussichtlichen Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes Extremwerte der aktuellen und gespeicherten Einflussgrößen und/oder deren Häufigkeit in einem bestimmten Zeitraum berücksichtigt werden.

27. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der voraussichtlichen Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes die gespeicherten Einflussgrößen einer Trendanalyse unterzogen werden und dass eine verbleibende Zeitdauer bis zum Erreichen einer vorbestimmten voraussichtlichen Lebensdauer des Feldmessgerätes ermittelt und ausgegeben wird.

5

28. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das ausgegebene Benachrichtigungssignal Informationen über eine verbleibende Zeitdauer bis zum Erreichen eines Zeitpunktes für Wartungsarbeiten an einem Modul oder Baustein des Feldmessgerätes oder für einen voraussichtlichen Austausch des Moduls oder Bausteins enthält.

10

29. Feldmessgerät für die Prozessautomatisierung und Prozessmesstechnik und zur Erfassung wenigstens einer Prozessvariablen eines Prozessmediums, welches Feldmessgerät ein Messgerätegehäuse mit einer darin untergebrachten Elektronik umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass das Feldmessgerät weiterhin

15

- eine Vorrichtung zur Erfassung einer Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts oder eines Teiles oder Moduls davon, welche Einflussgröße nicht die Prozessvariable ist,
- eine Vorrichtung zum Vergleichen der gemessenen Einflussgröße oder einer daraus abgeleiteten Größe mit einem vorab ermittelten maximal bzw. minimal zulässigen Wert für diese Einflussgröße oder die abgeleitete Größe und
- eine Vorrichtung zum Generieren und Ausgeben eines Alarmsignals bei Überschreiten des maximal zulässigen Wertes oder bei Unterschreiten des minimal zulässigen Wertes der Einflussgröße oder der abgeleiteten Größe

20

25

30

umfasst.

30. Feldmessgerät für die Prozessautomatisierung und Prozessmesstechnik und zur Erfassung wenigstens einer Prozessvariablen eines Prozessmediums, welches Feldmessgerät ein Messgerätegehäuse mit einer darin untergebrachten Elektronik umfasst, dadurch gekennzeichnet,

5 dass das Feldmessgerät weiterhin

- eine Vorrichtung zur Erfassung einer Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer des Feldmessgeräts oder eines Teiles oder Moduls davon, welche Einflussgröße nicht die Prozessvariable ist,
- eine Vorrichtung zum Bestimmen der voraussichtlichen Lebensdauer oder

10 der verbleibenden Zeitdauer bis zum Erreichen eines Zeitpunkts für Wartungsarbeiten des Feldmessgerätes oder eines Teiles oder Moduls davon mittels einer vorbestimmten Funktion und anhand der aktuell erfassten Einflussgröße und

- eine Vorrichtung zum Erzeugen und Ausgeben eines

15 Benachrichtigungssignals, das der voraussichtlichen Lebensdauer oder der verbleibenden Zeitdauer bis zum Erreichen eines Zeitpunkts für Wartungsarbeiten des Feldmessgerätes oder eines Teiles oder Moduls davon entspricht,

umfasst.

20

31. Feldmessgerät nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass eine daran oder darin vorgesehenen Alarm- bzw. Anzeigevorrichtung das Alarmsignal ausgibt.

25 32. Feldmessgerät nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass es das Alarmsignal auf einen am Feldmessgerät angeschlossenen Bus ausgibt.

30 33. Feldmessgerät nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorrichtung vorgesehen ist, an der eine externe Vorrichtung anschließbar ist, mittels der das Alarmsignal abgerufen werden kann.

34. Feldmessgerät nach Anspruch30, dadurch gekennzeichnet, dass eine daran oder darin vorgesehene Anzeigevorrichtung das Benachrichtigungssignal ausgibt.

5 35. Feldmessgerät nach Anspruch30, dadurch gekennzeichnet, dass es das Benachrichtigungssignal auf einen am Feldmessgerät angeschlossenen Bus ausgibt.

10 36. Feldmessgerät nach Anspruch30, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorrichtung vorgesehen ist, an der eine externe Vorrichtung anschließbar ist, mittels der das Benachrichtigungssignal abgerufen werden kann.

15 37. Feldmessgerät nach einem der vorgehenden Ansprüche 29 bis36, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein zusätzlicher Sensor oder Wandler vorgesehen ist zur Erfassung einer physikalische Größe, die die Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts ist.

20 38. Feldmessgerät nach einem der vorgehenden Ansprüche 29 bis36, dadurch gekennzeichnet, dass die Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts berechnet ist.

25 39. Feldmessgerät nach Anspruch37, dadurch gekennzeichnet, dass der zusätzliche Sensor oder Wandler eine Temperatur erfasst.

40. Feldmessgerät nach Anspruch37, dadurch gekennzeichnet, dass der zusätzliche Sensor oder Wandler eine Feuchtigkeit erfasst.

30 41. Feldmessgerät nach Anspruch37, dadurch gekennzeichnet, dass der zusätzliche Sensor oder Wandler eine Vibration erfasst.

42. Feldmessgerät nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass der zusätzliche Sensor oder Wandler eine Krafteinwirkung erfasst.
43. Feldmessgerät nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass der zusätzliche Sensor oder Wandler einen Druck im Innern des Messgerätegehäuses des Feldmessgerätes erfasst.  
5
44. Feldmessgerät nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass der zusätzliche Sensor oder Wandler eine Konzentration von unerwünschten Gasen im Messgerätegehäuse erfasst.  
10
45. Feldmessgerät nach einem der Ansprüche 29 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass es die Anzahl von Einschaltvorgängen des Feldmessgerätes erfasst und als Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts berücksichtigt.  
15
46. Feldmessgerät nach einem der vorgehenden Ansprüche 29 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass es Spannungstransienten auf mit ihm elektrisch verbundenen Leitungen erfasst und als Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts berücksichtigt.  
20
47. Feldmessgerät nach einem der vorgehenden Ansprüche 29 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass es elektrostatische Entladungen am Feldmessgerät, seinem Gehäuse oder einer mit ihm verbundenen Sonde oder Bedieneinheit erfasst und als Einflussgröße auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit berücksichtigt.  
25
48. Feldmessgerät nach einem der vorgehenden Ansprüche 37 bis 47, dadurch gekennzeichnet, dass verschiedene Einflussgrößen auf die zu  
30

erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts erfasst werden.

49. Feldmessgerät nach einem der vorgehenden Ansprüche 29 bis 48, dadurch gekennzeichnet, dass es einen Speicher umfasst, worin die aktuell erfasste Einflussgröße oder die aktuell erfassten Einflussgrößen auf die zu erwartende Lebensdauer bzw. Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts gespeichert werden.
- 10 50. Feldmessgerät nach Anspruch 48, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der voraussichtlichen Lebensdauer bzw. der Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes mehrere aktuell erfasste Einflussgrößen berücksichtigt werden.
- 15 51. Feldmessgerät nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der voraussichtlichen Lebensdauer bzw. der Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes wenigstens eine aktuell erfasste und wenigstens eine gespeicherte Einflussgröße berücksichtigt werden.
- 20 52. Feldmessgerät nach einem der vorgehenden Ansprüche 29 bis 51, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der voraussichtlichen Lebensdauer bzw. der Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes die Häufigkeit von Alarmsignalen in einem bestimmten Zeitraum berücksichtigt werden.
- 25 53. Feldmessgerät nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der voraussichtlichen Lebensdauer bzw. der Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes Extremwerte der aktuellen und/oder gespeicherten Einflussgrößen und/oder deren Häufigkeit in einem bestimmten Zeitraum berücksichtigt werden.

54. Feldmessgerät nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der voraussichtlichen Lebensdauer bzw. der Funktionsfähigkeit des Feldmessgerätes die gespeicherten Einflussgrößen einer Trendanalyse unterzogen werden und dass eine verbleibende Zeitdauer bis zum Erreichen einer vorbestimmten voraussichtlichen Lebensdauer des Feldmessgerätes ermittelt und ausgegeben wird.
55. Feldmessgerät nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass das ausgegebene Benachrichtigungssignal Informationen über eine verbleibende Zeitdauer bis zum Erreichen eines Zeitpunktes für Wartungsarbeiten an einem Modul oder Baustein des Feldmessgerätes oder für einen voraussichtlichen Austausch des Moduls oder Bausteins enthält.

## **Zusammenfassung**

Um den Einfluss einzelner oder einer Kombination widriger Einflüsse auf die

5 Lebensdauer oder Funktionsfähigkeit eines Feldmessgeräts systematisch zu erfassen und die Lebensdauer oder Funktionsfähigkeit des Feldmessgeräts besser abschätzen zu können, wird wenigstens eine relevante Einflussgröße, vorzugsweise jedoch mehrere, ausgewertet. Dabei werden neben einem Messwert 24 für eine Prozessvariable weitere Größen 25 und 26 durch

10 entsprechende am bzw. im Feldmessgerät angebrachte Sensoren erfasst und in geeigneten Betriebsschaltungen analog aufbereitet, um sie dann digital mit demselben A/D-Wandler 21 zu erfassen, der auch das Messsignal A für die Prozessvariable erfasst. Über einen Multiplexer 22 ist das gewünschte Eingangssignal auswählbar, das dann mithilfe eines Mikroprozessors 23

15 weiterverarbeitet wird. So wird die kombinierte Wirkung der verschiedenen Einflussgrößen ermittelt und eine verbleibende voraussichtliche Lebensdauer berechnet. Falls kritische Werte bei den erfassten Einflussgrößen 25, 26 auftreten, kann der Mikroprozessor 23 ein Alarmsignal auslösen.

20 (Fig. 3)

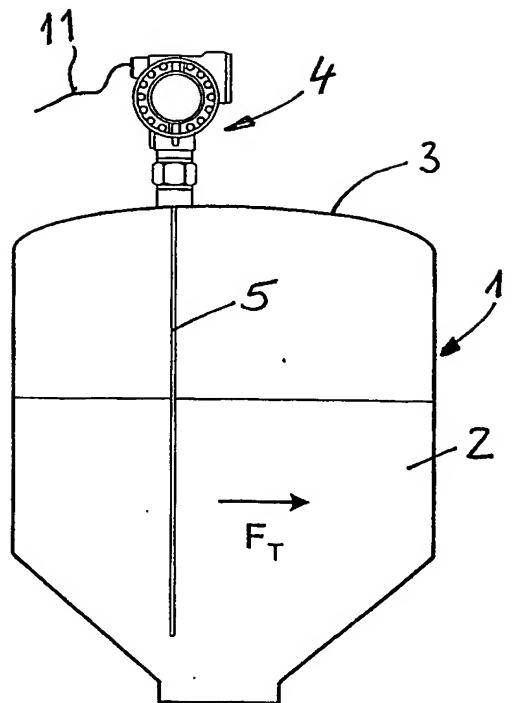


Fig. 1

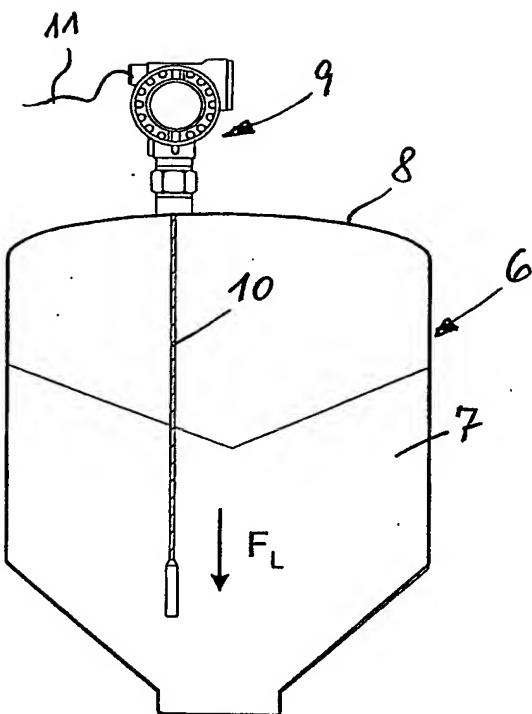


Fig. 2

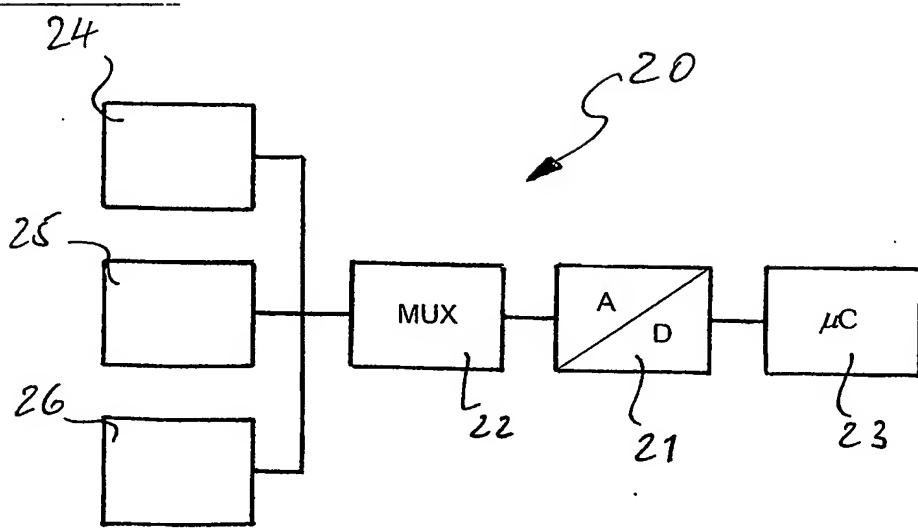


Fig. 3

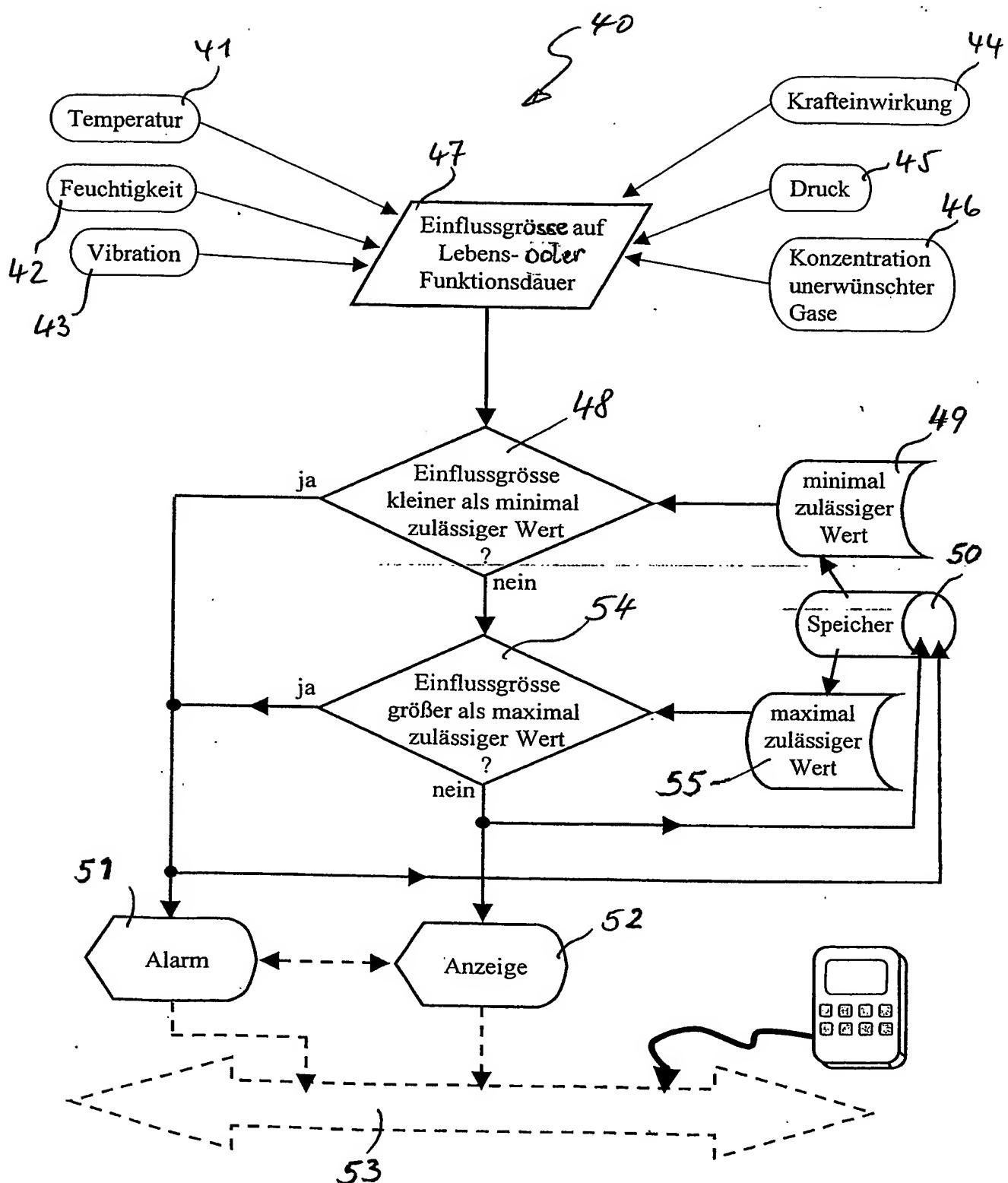


Fig. 4

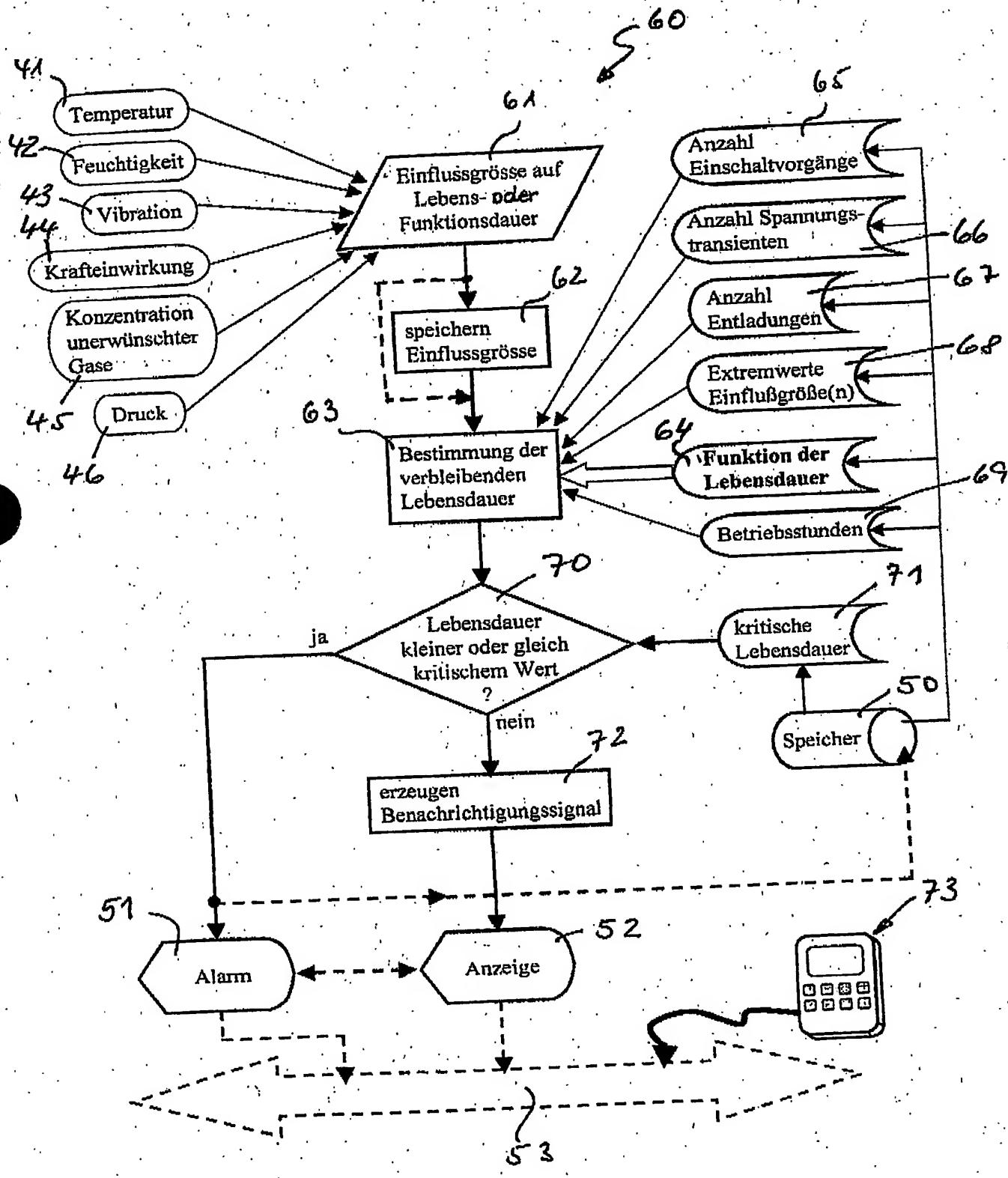


Fig. 5

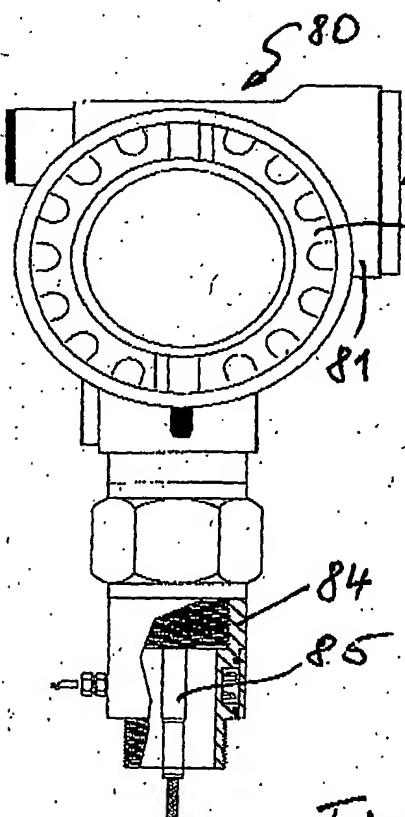


Fig. 6

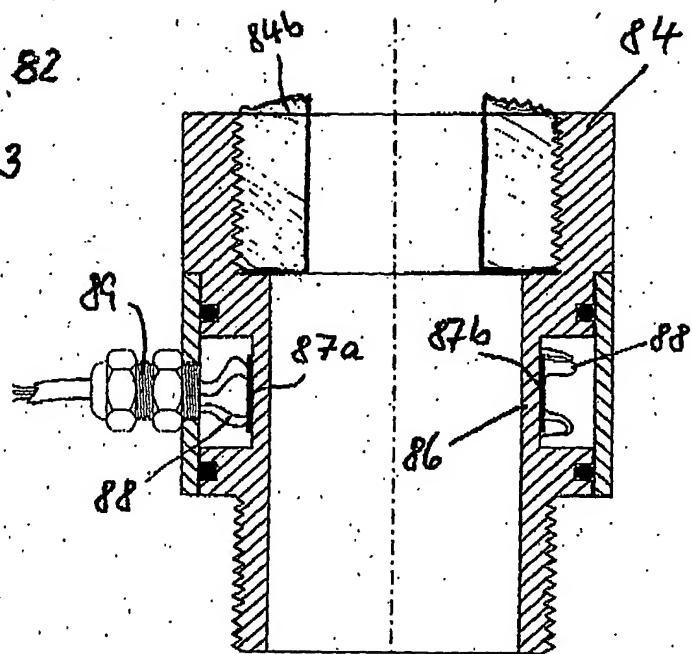


Fig. 7

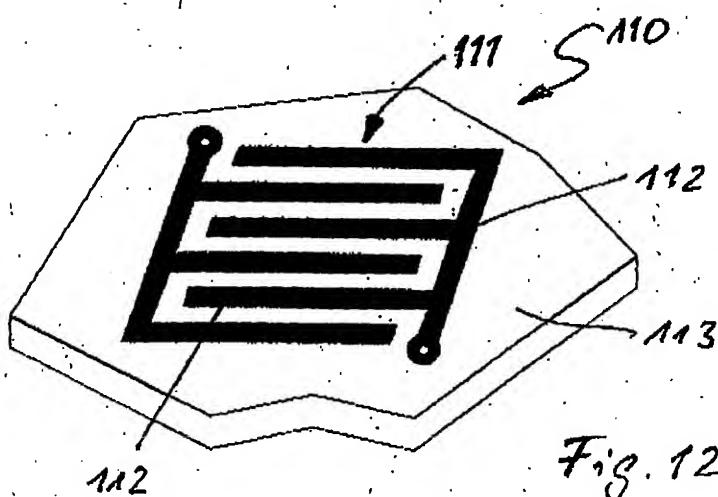


Fig. 12

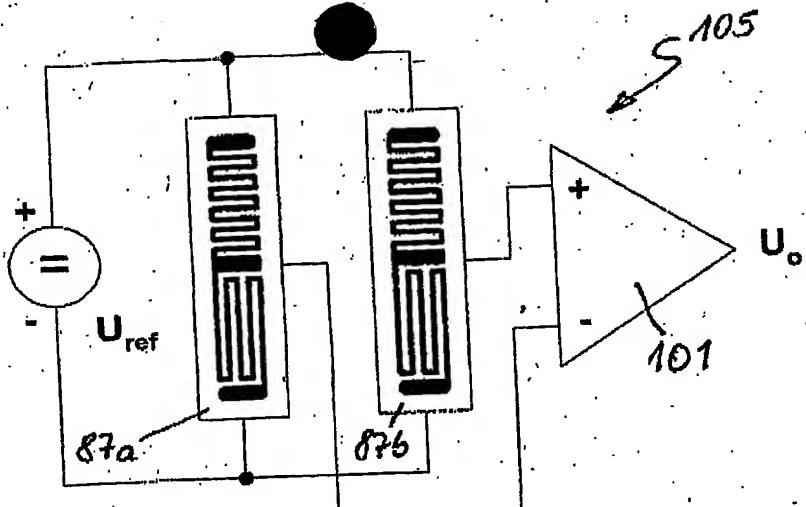


Fig. 10

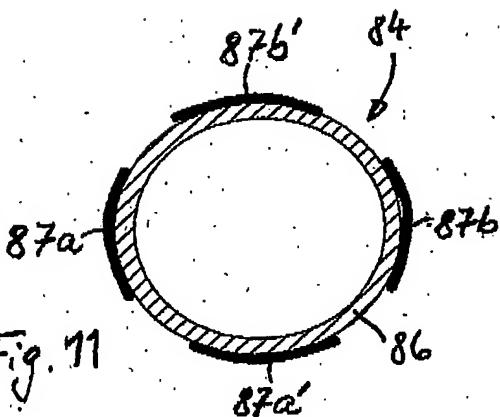


Fig. 11

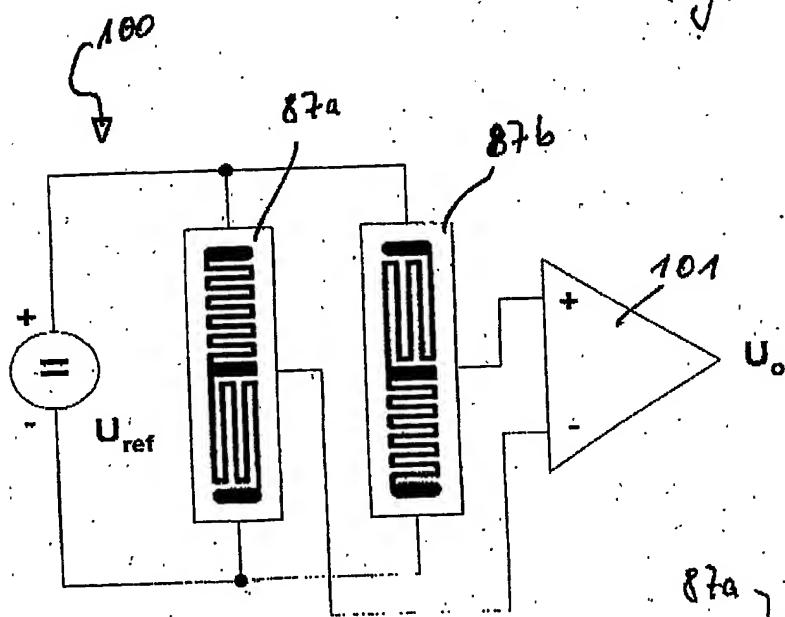


Fig. 8

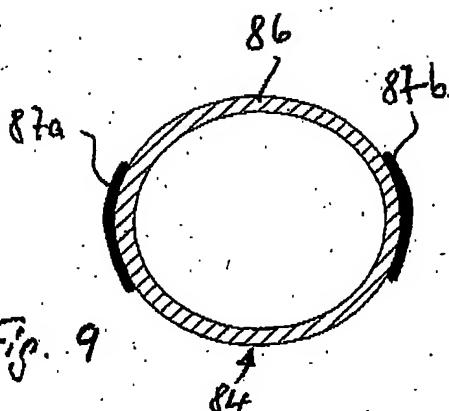


Fig. 9

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT OR DRAWING
- BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- GRAY SCALE DOCUMENTS
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**  
**As rescanning documents *will not* correct images**  
**problems checked, please do not report the**  
**problems to the IFW Image Problem Mailbox**